

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭60-111110

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和60年(1985)6月17日

G 01 C 19/56

6723-2F

G 01 P 9/02

7027-2F

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 角速度センサ

⑯ 特 願 昭58-218914

⑰ 出 願 昭58(1983)11月21日

⑱ 発 明 者 福 本 照 道 門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

⑲ 発 明 者 嶋 本 健 門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

⑳ 出 願 人 松下電器産業株式会社 門真市大字門真1006番地

㉑ 代 理 人 弁理士 中尾 敏男 外1名

明 細 書

1、発明の名称

角速度センサ

2、特許請求の範囲

回転軸と平行な中心軸を有し、前記中心軸と直交する方向に振動を行なう一端が固定された一対の振動子と、前記一対の振動子のそれぞれの自由端に接続され、かつ、前記振動子のそれぞれの振動面をそれぞれの中心軸を中心として、同一方向にそれぞれ $\theta_0 - \delta_1$ ,  $\theta_0 + \delta_2$  ( $\delta_1, \delta_2$ は微小角で同符号)回転した面内において、それぞれの中心軸と直交する方向に感度を有する一対の検知素子を含めてなるセンサ部と、前記一対の振動子を駆動回路と、前記一対の検知素子のおのものの出力信号を増幅する増幅回路と、前記センサ部の静止時における前記増幅回路のおのものの出力信号を演算して零にせしめる演算回路と、前記回転軸まわりの回転が前記センサ部に加わった時に生じる前記演算回路の出力信号から前記回転の角速度信号を取り出す信号検出回路とを具備してなるこ

とを特徴とする角速度センサ。

3、発明の詳細な説明

産業上の利用分野

本発明は、航空機、船舶等の移動体や回転運動を行なう機器に搭載して、その角速度を検知する際に用いることができる角速度センサに関するものである。

従来例の構成とその問題点

移動体の角速度を検知するには、機械式レート・ジャイロが多用されているが、非常に高価で形状も大きい。小型で低価格のレート・ジャイロとしてはコリオリの力を利用した振動式ジャイロがいくつか提案されている。

以下、図面を参照しながら従来の振動式ジャイロについて説明する。第1図は従来の振動式ジャイロのセンサ部の構成を示す図で、(a)は側面図、(b)は上面図である。1a, 1bは圧電材料よりなる検知素子で面方向の曲げに対して感度を有する。2a, 2bは圧電材料よりなる振動子で面方向に振動を行なう。3a, 3bは前記検知素子1a,

1 b と前記振動子 2 a, 2 b とを面方向が互いに直交するように接続する接続部材である。4 は前記振動子 2 a, 2 b の一端を固定する固定板、6 a, 6 a, 6 b, 6 b は前記検知素子 1 a, 1 b に接続されたリード線、7 a, 7 a, 7 b, 7 b は前記振動子 2 a, 2 b に接続されたリード線である。これらのリード線は第 1 図(a)に示されるように接続され、振動子駆動端子  $D_1, D_2$  および検知素子出力端子  $S_1, S_2$  として引き出されている。9 a, 9 b は前記振動子 2 a, 2 b の振動方向を示しており、リード線の接続の仕方から明らかなように互いに逆向きの振動となる。ところで、第 1 図(b)に示すように振動子と検知素子を厳密に  $90^\circ$  の角をなして配置させることは実際には非常に困難であり、第 2 図に示すように  $90^\circ$  から微小角  $d_1, d_2$  だけ傾斜を生じるのが一般的である。その様な場合、検知素子の出力信号はコリオリの力に比例した角速度成分以外に、振動子からの伝達信号成分を含むことになる。

今、振動子駆動端子  $D_1, D_2$  に電流  $i_d$  を流し、

$$= (A_1 + A_2) \mu \sin \omega t + (B_1 \sin d_1 + B_2 \sin d_2) \cos \omega t \quad \dots \dots (4)$$

となる。

第 3 図は従来の振動式ジャイロの回路構成の概略を示すブロック図である。同図において 10 は検知素子、11 は振動子、12 はセンサ部をあらわしている。

以下、従来の振動式ジャイロの回路動作について説明する。13 は振動子駆動回路であり、振動子 11 を定電流駆動する。14 はチャージ増幅器であり、端子  $S_1, S_2$  に出力される第(4)式であらわれる電荷  $Q$  を所定の大きさまで増幅する。15 は振動子 11 の振動角周波数に帯域中心を持つ帯域通過フィルタであり、不要周波数成分を除去するために用いる。16 は位相検波回路であり、振動子駆動回路 13 からの電流信号  $i_d$  と同相成分の信号を直流変換し、直交成分の信号を除去する働きをする。第(4)式より  $Q$  のうち  $i_d$  と同期成分は  $(A_1 + A_2) \mu \sin \omega t$ 、直交成分は  $(B_1 \sin d_1 + B_2 \sin d_2) \cos \omega t$  であるから、位相検波回路 16 は角速度  $\Omega$

振動子を定電流駆動したとする。振動子の振動の角周波数を  $\omega$  とし、 $i_d$  が次式であらわされるとする。

$$i_d \propto \sin \omega t \quad \dots \dots (1)$$

この時、第 1 図(a)の左の検知素子の出力電荷を  $Q_1$ 、右の検知素子の出力電荷を  $Q_2$  とすると、 $Q_1, Q_2$  は次式の様にあらわされる。(端子  $S_2$  を基準電位とする。)

$$Q_1 = A_1 \mu \sin \omega t + B_1 \sin d_1 \cos \omega t \quad \dots \dots (2)$$

$$Q_2 = A_2 \mu \sin \omega t + B_2 \sin d_2 \cos \omega t \quad \dots \dots (3)$$

但し、 $A_1, A_2, B_1, B_2$  は正の定数であり、 $\mu$  は振動子の中心軸に平行な軸のまわりの回転の角速度である。

第(2)、(3)式の第 1 項はコリオリの力に比例した角速度成分であり、第 2 項は振動子からの伝達信号成分である。検知素子出力端子  $S_1, S_2$  にあらわれる電荷  $Q$  は、

$$Q = Q_1 + Q_2$$

に比例する信号を出力する。17 はフルスケール調整増幅器であり、位相検波回路 16 の出力信号を調整して所定のフルスケールに収めるために用いる。

しかしながら、検知素子の出力信号  $Q$  の位相は電流信号  $i_d$  の位相に対して圧電材料の特性変動、振動子と検知素子の機械的結合度の変動などにより若干変動する。この場合  $Q$  は次式の様に表現されることになる。

$$\begin{aligned} Q &= (A_1 + A_2) \mu \sin (\omega t + \theta_1) \\ &\quad + (B_1 \sin d_1 + B_2 \sin d_2) \cos (\omega t + \theta_2) \\ &= [(A_1 + A_2) \mu \cos \theta_1 - (B_1 \sin d_1 + B_2 \sin d_2) \sin \theta_2] \sin \omega t \\ &\quad + [(A_1 + A_2) \mu \sin \theta_1 + (B_1 \sin d_1 + B_2 \sin d_2) \cos \theta_2] \cos \omega t \end{aligned} \quad \dots \dots (6)$$

但し、 $\theta_1, \theta_2$  は位相角の変動分をあらわしている。従って、位相検波回路 16 の出力信号は

$$(A_1 + A_2) \mu \cos \theta_1 - (B_1 \sin d_1 + B_2 \sin d_2) \sin \theta_2$$

に比例する値となり、角速度 $\omega$ に無関係な直流オフセットが含まれることになる。この直流オフセットはセンサの静止時( $\omega=0$ )におけるセンサの出力信号であり、零点誤差の原因になるという問題点を有していた。

#### 発明の目的

本発明の目的は、零点誤差の大幅な軽減を可能にした角速度センサを提供することである。

#### 発明の構成

本発明の角速度センサは、回転軸と平行な中心軸を有し、前記中心軸と直交する方向に振動を行なう一端が固定された一対の振動子と、前記一対の振動子のそれぞれの自由端に接続され、かつ、前記振動子のそれぞれの振動面をそれぞれの中心軸を中心として、同一方向にそれぞれ $\theta_0 - \delta_1$ 、 $\theta_0 + \delta_2$  ( $\delta_1, \delta_2$ は微小角で同符号)回転した面内において、それぞれの中心軸と直交する方向に略度を有する一対の検知素子とからなるセンサ部と、前記一対の振動子を駆動する駆動回路と、前記一対の検知素子のおのものの出力信号を増幅す

る増幅回路と、前記センサ部の静止時における前記増幅回路のおのものの出力信号を演算して零にせしめる演算回路と、前記回転軸まわりの回転が前記センサ部に加わった時に生じる前記演算回路の出力信号から前記回転の角速度信号を取り出す信号検出回路とを具備するように構成したものであり、これにより零点誤差の大幅な軽減が可能になるものである。

#### 実施例の説明

以下、本発明の実施例について、図面を参照しながら説明する。

第4図は本発明の一実施例におけるセンサ部の構成を示す図で、(a)は側面図、(b)は上面図である。  
21a, 21bは圧電材料よりなる検知素子で面方向の曲げに対して感度を有する。22a, 22bは圧電材料よりなる振動子で面方向を行なう。  
23a, 23bは第4図(b)にも示すように検知素子21a, 21bの面方向が、振動子22a, 22bのそれぞれの振動面を、それぞれの中心軸のまわりに同一方向に $\theta_0 - \delta_1$ 、 $\theta_0 + \delta_2$  ( $\delta_1, \delta_2$ は微

小角で同符号)回転した面内においてそれぞれの中心軸と直交する方向と一致するように振動子22a, 22bと検知素子21a, 21bを接続する接続部材である。24は前記振動子22a, 22bの一端を固定する固定板、25a, 25b, 26a, 26bは前記検知素子21a, 21bに接続されたリード線、27a, 28a, 27b, 28bは前記振動子22a, 22bに接続されたリード線である。これらのリード線は第4図(a)に示されるように接続され、振動子駆動端子 $D_1'$ 、 $D_2'$ および検知素子出力端子 $S_0, S_1', S_2'$ として引き出されている。29a, 29bは前記振動子22a, 22bの振動方向を示しており、リード線の接続の仕方から明らかなように互いに逆向きの振動となる。

この様に構成されたセンサの検知素子の出力信号は、コリオリの力に比例した角速度成分以外に、振動子からの伝達信号成分を含んでいる。

今、振動子駆動端子 $D_1', D_2'$ に電流 $i_d$ を流し、振動子を定電流駆動したとする。振動子の振動の

角周波数を $\omega$ とし、 $i_d$ が(1)式であらわされるとする。この時、第4図(a)における端子 $S_0, S_1'$ にあらわれる電荷を $Q_1$ 、端子 $S_0, S_2'$ にあらわれる電荷を $Q_2$ とすると、 $Q_1, Q_2$ は次式の様であらわされる。(端子 $S_0$ を基準電位とする。)

$$Q_1 = A_1 i_d \sin \omega t + B_1 \sin \delta_1 \cos \omega t \quad \dots \dots (6)$$

$$Q_2 = A_2 i_d \sin \omega t - B_2 \sin \delta_2 \cos \omega t \quad \dots \dots (7)$$

但し、 $A_1, A_2, B_1, B_2$ は正の定数であり、 $\omega$ は振動子の中心軸に平行な軸のまわりの回転の角速度である。

第(6)、(7)式の第1項はコリオリの力に比例した角速度成分であり、第2項は振動子からの伝達信号成分である。

第5図は本発明の一実施例における回路構成の概略を示すブロック図である。同図において、30は検知素子、31は振動子、32はセンサ部をあらわしている。

以下、本発明の一実施例の回路動作について説

明する。33は振動子駆動回路であり、振動子31を定電流駆動する。34a, 34bはチャージ増幅器であり、それぞれの利得を $G_1, G_2$ とすると、端子 $S_0, S_1$ および端子 $S_0, S_2$ の電荷 $Q_1$ および $Q_2$ は増幅されて、それぞれ $Q_1 G_1$ および $Q_2 G_2$ となる。34は演算回路であり、前記 $Q_1 G_1$ と $Q_2 G_2$ の加算を行なう。この結果、演算回路の出力信号 $Q$ は次式の様になる。

$$\begin{aligned} Q &= Q_1 G_1 + Q_2 G_2 \\ &= (A_1 G_1 + A_2 G_2) \mu \sin \omega t \\ &\quad + (B_1 G_1 \sin \delta_1 - B_2 G_2 \sin \delta_2) \cos \omega t \quad \dots \dots (8) \end{aligned}$$

35は振動子31の振動角周波数に帯域中心を持つ帯域通過フィルタであり、不要周波数成分を除去するために用いる。36は位相検波回路であり、振動子駆動回路33からの電流信号 $i_d$ と同相成分の信号を直流変換し、直交成分の信号を除去する働きをする。

ここで、圧電材料の特性変動、振動子と検知素

子の機械的結合部の変動などにより、前記演算回路の出力信号 $Q$ の位相が若干変動することを考慮すると、(8)式は次の様にあらわされる。

$$\begin{aligned} Q &= (A_1 G_1 + A_2 G_2) \mu \sin(\omega t + \theta_1) \\ &\quad + (B_1 G_1 \sin \delta_1 - B_2 G_2 \sin \delta_2) \cos(\omega t + \theta_2) \\ &= [(A_1 G_1 + A_2 G_2) \mu \cos \theta_1 \\ &\quad - (B_1 G_1 \sin \delta_1 - B_2 G_2 \sin \delta_2) \sin \theta_2] \sin \omega t \\ &\quad + [(A_1 G_1 + A_2 G_2) \mu \sin \theta_1 \\ &\quad + (B_1 G_1 \sin \delta_1 - B_2 G_2 \sin \delta_2) \cos \theta_2] \cos \omega t \quad \dots \dots (9) \end{aligned}$$

但し、 $\theta_1, \theta_2$ は位相角の変動分をあらわしている。前記チャージ増幅器34a, 34bの利得 $G_1, G_2$ を(10)式を満足するように選ぶと、 $Q$ は(11)式の様にあらわされる。

$$\frac{G_1}{G_2} = \frac{B_2 \sin \delta_2}{B_1 \sin \delta_1} \quad \dots \dots (10)$$

$$\begin{aligned} Q &= [(A_1 G_1 + A_2 G_2) \mu \cos \theta_1] \sin \omega t \\ &\quad + [(A_1 G_1 + A_2 G_2) \mu \sin \theta_1] \cos \omega t \quad \dots \dots (11) \end{aligned}$$

従って、前記位相検波回路36の出力信号は $(A_1 G_1 + A_2 G_2) \cos \theta_1 \cdot \mu$ に比例する信号となり、直流オフセットは生じない。それゆえ零点誤差は大幅に軽減することが可能になる。37はフルスケール調整増幅器であり、位相検波回路36の出力信号を調整して所定のフルスケールに収めるために用いる。

なお、本実施例においては振動子、検知素子とも圧電体を用いたが、これらは圧電体に限定されるものではなく、磁性体を用いて構成することも可能であり、磁性体と圧電体を組み合わせて構成することももちろん可能である。

発明の効果

以上の説明から明らかなように、本発明は一對の振動子のそれぞれの振動面をそれぞれの振動子の中心軸を中心として、同一方向にそれぞれ $\theta_1, \theta_2$  ( $\theta_1, \theta_2$ は微小角で同符号)

回転した面内において、それぞれの中心軸と直交する方向に感度を有する一對の検知素子を設け、それらの出力信号を演算してセンサが静止している時( $\mu=0$ )に零にせしめることが可能な演算回路を具備して構成しているため、センサ素子の特性変動、機械的構造の変動などに起因する零点誤差を大幅に軽減することができるという優れた効果が得られる。その効果により、航空機、船舶などの移動体の安定した姿勢制御が可能になるという効果が得られる。

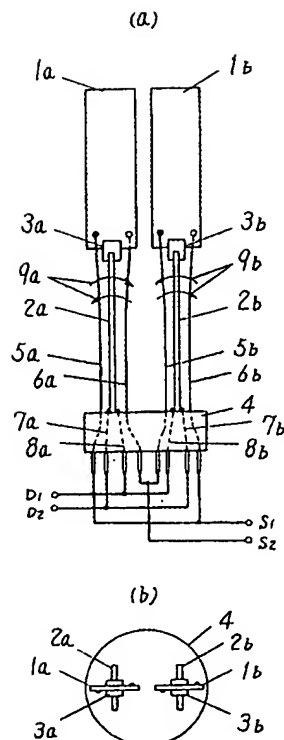
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図(a), (b)は従来の角速度センサのセンサ部を示す側面図と上面図、第2図は従来の角速度センサのセンサ部のより実質的な上面図を示す図、第3図は従来の角速度センサの回路構成の概略を示すブロック図、第4図(a), (b)は本発明の一実施例に係る角速度センサのセンサ部を示す側面図と上面図、第5図は本発明の一実施例における角速度センサの回路構成の概略を示すブロック図である。

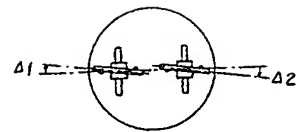
21a, 21b, 30……検知素子、22a, 22b, 31……振動子、23a, 23b……接続部材、24……固定板、25a, 25b, 26a, 26b……検知素子リード線、27a, 27b, 28a, 28b……振動子リード線、29a, 29b……振動方向、32……センサ部、33……振動子駆動回路、34a, 34b……チャージ増幅器、35……帯域通過フィルタ、36……位相検波回路、37……フルスケール調整増幅器、18……演算回路。

代理人の氏名 弁理士 中 尾 敏 男 ほか1名

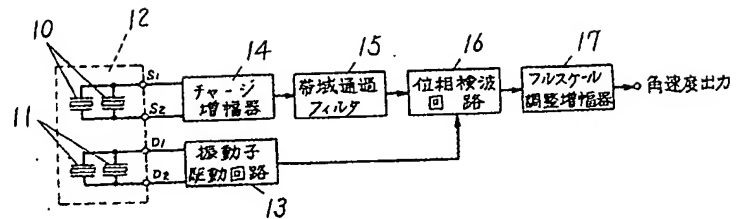
第 1 図

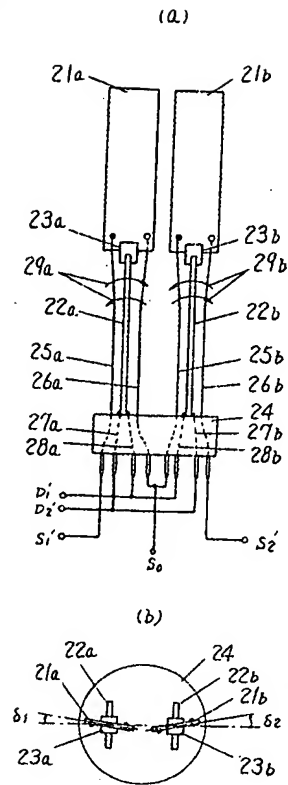


第 2 図

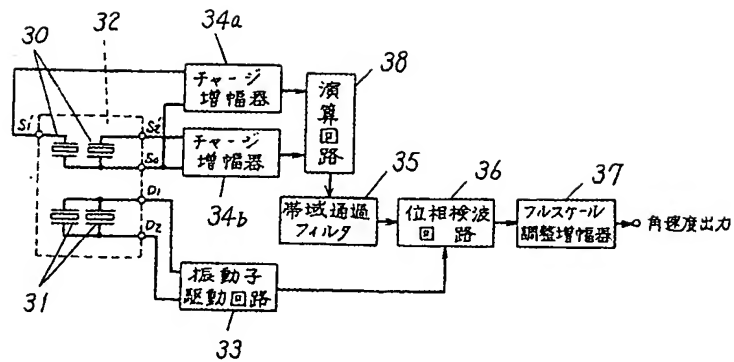


第 3 図





第 5 図



PAT-NO: JP360111110A

DOCUMENT-IDENTIFIER: **JP 60111110 A**

TITLE: ANGULAR VELOCITY SENSOR

PUBN-DATE: June 17, 1985

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

FUKUMOTO, TERUMICHI

SHIMAMOTO, TAKESHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

COUNTRY

MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

N/A

APPL-NO: JP58218914

APPL-DATE: November 21, 1983

INT-CL (IPC): G01C019/56, G01P009/02

ABSTRACT:

PURPOSE: To reduce a **zero point error** of an angular velocity sensor caused by a vibration type auto-**gyro** by making the respective detecting elements of a pair of vibrators have a sensitivity on a prescribed rotating surface, so that both outputs of a time of stillness through an operating circuit become **zero**.

CONSTITUTION: Vibrators 22a, 22b of a pair of piezoelectric materials, and detecting elements 21a, 21b having a sensitivity in the respective surface directions are connected by connecting members 23a, 23b so that the directions orthogonal to the respective center axes coincide with each other on the surface on which the respective vibrating surfaces are rotated by  $90^\circ - \Delta_1$  and  $90^\circ + \Delta_2$  in the same direction around the respective center axes. Also, when an operating circuit is adjusted so that the output sum by the elements 21a, 21b becomes **zero** at the time of stillness, a transfer signal component from the vibrators 22a, 22b by the

elements 21a, 21b is eliminated, an angular velocity component being proportional to a **Coriolis** force is fetched, and it is possible to reduce a **zero point error** by a vibration type auto-**gyro by the Coriolis** force.

COPYRIGHT: (C)1985,JPO&Japio